

1.

質量 50 kg の A さんが高さ 40 m の丘の頂上にある学校に通学している。この丘を上るには、自転車で上れる緩やかな坂の道と、徒歩でしか上れない急な坂の近道がある。

(1) ある朝、A さんは急な坂の近道を徒歩で上って登校した。A さんの位置エネルギーは丘を上る前と比べてどれだけ増加したか。最も適当なものを、次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。 1

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $3.9 \times 10^2 \text{ J}$ | ② $4.0 \times 10^2 \text{ J}$ |
| ③ $9.8 \times 10^2 \text{ J}$ | ④ $2.0 \times 10^3 \text{ J}$ |
| ⑤ $3.9 \times 10^3 \text{ J}$ | ⑥ $4.9 \times 10^3 \text{ J}$ |
| ⑦ $9.8 \times 10^3 \text{ J}$ | ⑧ $2.0 \times 10^4 \text{ J}$ |

⑨ 坂の傾きが分からないと計算できない。

(2) 次の朝、A さんは緩やかな坂を自転車に乗って登校した。この日の A さんと自転車の位置エネルギーの増加の合計と、前日の A さんの位置エネルギーの増加を比較する記述として最も適当なものを、次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。 2

- ① A さんと自転車の位置エネルギーの増加の合計は、前日の A さんの位置エネルギーの増加と同じである。
- ② A さんと自転車の位置エネルギーの増加の合計は、前日の A さんの位置エネルギーの増加に比べて小さい。
- ③ A さんと自転車の位置エネルギーの増加の合計は、前日の A さんの位置エネルギーの増加に比べて大きい。
- ④ 坂の傾きによって、大きい場合と小さい場合がある。

解答 (1) ⑧ (2) ③

解説

(1) 質量 $m \text{ [kg]}$ の物体が基準の高さより $h \text{ [m]}$ だけ高い位置にあるときにもっている重力による位置エネルギー $U \text{ [J]}$ は

$$U = mgh$$

である。したがって、A さんの質量 $m = 50 \text{ kg}$ 、丘の高さ $h = 40 \text{ m}$ なので丘を上る前の高さを基準にすると、重力による位置エネルギーの増加 U_1 は

$$U_1 = mgh = 50 \times 9.8 \times 40 = 1.96 \times 10^4 \approx 2.0 \times 10^4 \text{ (J)}$$

となる。

以上より、最も適当なものは ⑧。

(2) A さんと自転車の位置エネルギーの増加の合計 U_2 は、A さんの質量を m 、自転車

の質量を M とすると

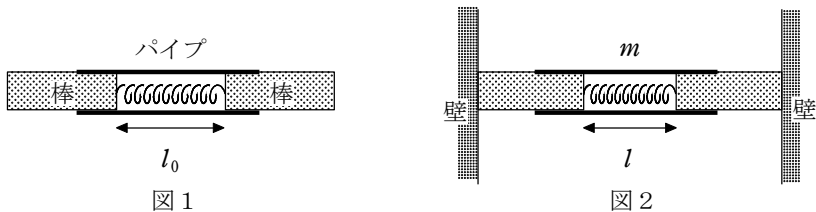
$$U_2 = (m + M)gh$$

である。よって、(1) と比較して、A さんと自転車の位置エネルギーの増加 U_2 は、前日の A さんの位置エネルギーの増加 U_1 に比べて Mgh だけ大きい。

以上より、最も適当なものは ③。

2.

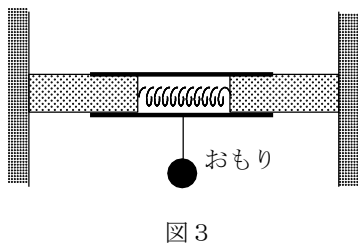
図1のように棒とパイプを組み合わせ、中にばねを入れた器具を考える。ばね定数は k 、ばねの自然の長さは l_0 、器具全体の質量は m である。これを手で押し縮めて、図2のように2つの壁の間にはさむと、器具は壁に垂直に静止し、ばねの長さは l になった。ただし、2つの壁は鉛直で互いに平行に向きあっているとする。



(1) 図1の状態からばねの長さが l になるまで器具を押し縮める間に、器具に対してなされた仕事 W を表す式として正しいものを、次の ①～⑧ のうちから1つ選べ。ただし、棒とパイプのあいだの摩擦は無視できるとする。 $W = \boxed{1}$

- ① kl ② $2kl$ ③ $k(l_0 - l)$
 ④ $2k(l_0 - l)$ ⑤ $\frac{1}{2}kl^2$ ⑥ kl^2
 ⑦ $\frac{1}{2}k(l_0 - l)^2$ ⑧ $k(l_0 - l)^2$

(2) 図3のように、器具の中央におもりをつり下げた。おもりの質量を徐々に大きくしていったところ、おもりの質量が M を超えたとき器具がすべり落ちた。器具と左右の壁との静止摩擦係数がどちらも μ であるとき、 μ を表す式として正しいものを、下の ①～⑥ のうちから1つ選べ。ただし、器具は常に左右対称で水平に保たれているとする。また、重力加速度の大きさを g とする。 $\mu = \boxed{2}$



- ① $\frac{M+m}{2m}$ ② $\frac{M+m}{m}$ ③ $\frac{(M+m)g}{2k(l_0 - l)}$

- ④ $\frac{(M+m)g}{k(l_0 - l)}$ ⑤ $\frac{(M+m)g}{k(l_0 - l)^2}$ ⑥ $\frac{2(M+m)g}{k(l_0 - l)^2}$

【解答】 (1) ⑦ (2) ③

【解説】

(1) 自然の長さ l_0 から長さ l にばねを押し縮めたとき、自然の長さからのばねの縮みは $l_0 - l$ である。この間に器具がされた仕事 W は、ばねの弾性エネルギーの変化に等しい。ばねが自然の長さのときの弾性エネルギーは

$$U_0 = 0$$

ばねの縮みが $l_0 - l$ のときの弾性エネルギーは

$$U = \frac{1}{2}k(l_0 - l)^2$$

である。よって、

$$W = U - U_0 = \frac{1}{2}k(l_0 - l)^2$$

以上より、正しいものは ⑦

(2) 器具が壁を押す力は壁に垂直で、その大きさはばねの弾性力の大きさ f に等しい。

ばねの縮みが $l_0 - l$ なので、フックの法則から

$$f = k(l_0 - l)$$

である。したがって、作用反作用の法則から、器具は壁から図Bの向きに大きさ

$$N = f = k(l_0 - l)$$

の力を受ける。おもりの質量が M のときにはたらく摩擦力は最大摩擦力 F_0

なので、

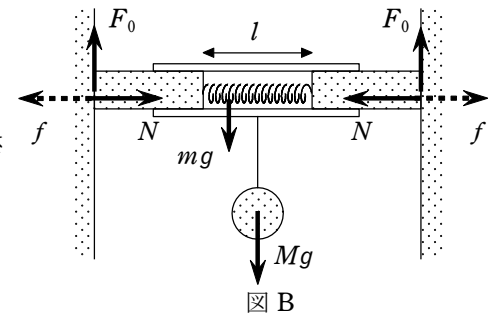
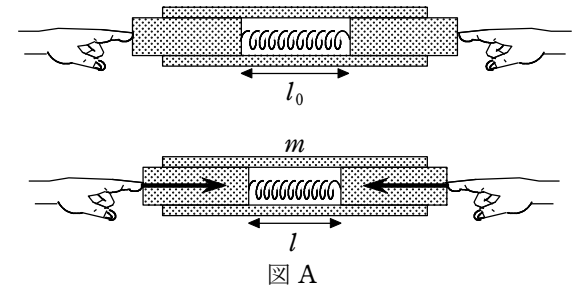
$$F_0 = \mu N = \mu k(l_0 - l)$$

となる。よって、器具にはたらく鉛直方向の力のつりあいの式

$$\mu k(l_0 - l) \times 2 - mg - Mg = 0$$

より

$$\mu = \frac{(M+m)g}{2k(l_0 - l)}$$



となる。

以上より、正しいものは ③